

全国普通高等院校 土木工程类
实用创新型 系列规划教材

地基处理

刘永红 主 编
姚爱军 周龙翔 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

中国科学院教材建设专家委员会教材建设立项项目
全国普通高等院校土木工程类**实用创新型**系列规划教材



地 基 处 理

刘永红 主 编
姚爱军 周龙翔 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是根据建设部普通高等院校土木工程专业教学指导委员会审定的地基处理课程的指导性教学计划要求编写的。本书共分为10章,主要论述了在软弱土地基上和特殊土地基上的各种地基处理方法。其主要内容有:总论、机械压实法、强夯法、换填法、排水固结法、振冲法、挤密法、化学加固法、托换法及土的加筋技术等地基处理方法。书中对每种地基处理方法都分别从适用范围、加固原理、设计计算、施工工艺及效果检验等几个方面进行了论述,并附有工程实例、思考题和习题。本书内容深入浅出,图文并茂,难度适当,易于掌握。

本书可作为高等院校土木工程专业本科学生使用的教材,也可作为相应专业的工程技术人员以及岩土工程学科地基处理方向研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地基处理/刘永红主编. —北京:科学出版社,2005
全国普通高等院校土木工程类实用创新型系列规划教材
ISBN 7-03-015484-3

I. 地… II. 刘… III. 地基处理-高等学校-教材 IV. TU472
中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第044587号

责任编辑:童安齐 何舒民 / 责任校对:柏连海
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005年8月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—3 000 字数:444 000

定价:26.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(HA03)

全国普通高等院校土木工程类实用创新型 系列规划教材

编 委 会

主 任 霍 达

副主任 (按姓氏笔画排序)

周 云 阎兴华 童安齐

秘书长 张志清

委 员 (按姓氏笔画排序)

白晓红 石振武 刘继明 何淅淅 何舒民

张文福 张延庆 张志清 沈 建 周 云

周亦唐 宗 兰 徐向荣 阎兴华 翁维素

傅传国 程赫明 韩建平 童安齐 雷宏刚

霍 达

前 言

本书是根据建设部普通高等院校土木工程专业教学指导委员会审定的地基处理课程的指导性教学计划的要求编写的。为了适用土木工程专业课程建设的需要,本书在内容设置和安排上紧密结合面向 21 世纪土木工程专业人才培养的特点,重点突出了实用、创新和时代特色。实用,体现在所论述的内容深入浅出,图文并茂,难度适当,易于掌握,并结合有工程实例、思考题和习题;创新,体现在以国家最新规范、技术规程为主线,并反映国内外最新研究成果和观点。

地基处理是岩土工程学科的一个主要分支。随着我国对西部大开发战略的实施,我国大量的新建工程越来越多地遇到软弱及不良地基。因此,对地基处理的要求也就越来越多和迫切。为此,本书力图体现学科发展的新水平,对目前我国使用的各种地基处理方法进行了较全面的论述,特别是对各种地基处理方法的适用范围、加固原理、设计计算、施工工艺及检验方法作了较系统的阐述。本书既方便学生的理解和应用,也为工程技术人员使用本书提供了方便。

本书编写分工如下:刘永红编写第一章、第四章和第十章中的 10.1 节;周龙翔编写第二章和第七章;葛忻声编写第三章和第九章;姚爱军编写第五章和第六章;愈进编写第八章和第十章中的 10.2 节、10.3 节。全书由刘永红统稿。

太原理工大学白晓红教授对本书全文进行了审核,提出了许多宝贵意见和建议,她的关心和支持对于提高本书的编写质量,完善本书的内容起了重要的作用,在此表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 总论	1
1.1 地基处理的目的和意义	1
1.2 地基处理方法的分类及各种方法的适用范围	2
1.2.1 机械压实法	2
1.2.2 强夯法	3
1.2.3 换填法	3
1.2.4 排水固结法	3
1.2.5 振冲法	4
1.2.6 挤密法	4
1.2.7 化学加固法	5
1.2.8 托换法	6
1.2.9 土上加筋技术	6
1.3 地基处理方法的选用原则及处理前后应注意的事项	7
1.3.1 地基处理方法设计顺序	7
1.3.2 确定地基处理方法前的准备工作	7
1.3.3 地基处理方法的选用原则	9
1.3.4 地基处理施工过程中和施工完成后的注意事项	10
第二章 机械压实法	11
2.1 土的压实原理	11
2.1.1 砂土的压实	11
2.1.2 黏性土的压实	11
2.1.3 最大干密度、最优含水量的室内测定	12
2.1.4 最大干密度、最优含水量的现场测定	14
2.2 重锤夯实法	14
2.3 机械碾压法	16
2.4 振动压实法	16
2.5 工程实例	17
2.5.1 回填土地基土料、含水量的选择与配制	17
2.5.2 重锤夯实法加固杂填土地基	17
思考题	18
习题	18

第三章 强夯法	19
3.1 概述	19
3.2 强夯法加固地基的原理	19
3.2.1 强夯法加固地基的机理	19
3.2.2 强夯法与重锤夯实法的区别	29
3.3 设计计算——强夯参数的确定及确定原则	30
3.3.1 加固深度的确定	30
3.3.2 单位面积夯击能	32
3.3.3 孔隙水压力增长和消散规律	32
3.3.4 夯点间距与分遍	33
3.3.5 夯锤	35
3.3.6 起夯面	35
3.3.7 垫层	35
3.3.8 强夯时的场地变形及振动影响	35
3.4 施工工艺及施工要点	36
3.5 效果检验	38
3.6 工程实例	38
3.6.1 太原铝材厂二次强夯法处理粉土液化地基	38
3.6.2 山西化肥厂湿陷性黄土地基处理	41
思考题	47
习题	48
第四章 换填法	49
4.1 换填法及其作用	49
4.2 垫层设计	49
4.2.1 砂和砂石垫层	49
4.2.2 灰土和素土垫层	53
4.2.3 碎石和矿渣垫层	54
4.2.4 粉煤灰垫层	56
4.3 垫层施工	56
4.3.1 砂和砂石垫层	56
4.3.2 灰土和素土垫层	58
4.3.3 碎石和矿渣垫层	58
4.3.4 粉煤灰垫层	59
4.4 质量检验	59
4.5 工程实例	60
4.5.1 用砂垫层处理上海机械学院动力馆	60
4.5.2 用砂石垫层处理广东省鹤山县住宅楼	62
思考题	65

习题	66
第五章 排水固结法	67
5.1 概述	67
5.2 排水固结法的原理	67
5.3 排水固结法的设计与计算	69
5.3.1 堆载预压法设计与计算	69
5.3.2 真空预压法的设计与计算	82
5.3.3 降水预压法和电渗排水法简介	83
5.4 施工工艺	84
5.4.1 竖向排水体施工	84
5.4.2 水平排水体施工	88
5.4.3 加压系统的施工	88
5.5 施工观测与效果检验	90
5.5.1 孔隙水压力观测	90
5.5.2 沉降与边桩水平位移观测	92
5.5.3 施工材料与地基土物理力学指标检测	92
5.6 工程实例	92
思考题	94
习题	94
第六章 振冲法	96
6.1 概述	96
6.2 基本原理	97
6.2.1 振冲器的工作原理	97
6.2.2 振冲置换的加固原理	98
6.2.3 加填料振冲加密的加固原理	99
6.2.4 无填料振冲加密的加固原理	99
6.3 设计与计算	99
6.3.1 基本设计参数和规定	100
6.3.2 复合地基承载力计算	101
6.3.3 复合地基沉降量计算	102
6.3.4 复合地基的抗滑稳定性分析	102
6.4 施工工艺	103
6.4.1 施工前的准备	103
6.4.2 施工工艺流程	105
6.4.3 施工质量控制与问题处理	107
6.5 效果检验	108
6.6 工程实例	109
思考题	110

习题..... 110

第七章 挤密法..... 112

7.1 土或灰土挤密桩法 112

7.1.1 概述 112

7.1.2 作用原理 112

7.1.3 设计计算 117

7.1.4 施工工艺 119

7.1.5 效果检验 122

7.2 砂石桩法 122

7.2.1 概述 122

7.2.2 作用原理 123

7.2.3 设计计算 125

7.2.4 施工工艺 128

7.2.5 效果检验 131

7.3 石灰桩法 132

7.3.1 概述 132

7.3.2 作用原理 132

7.3.3 设计计算 134

7.3.4 施工工艺 135

7.3.5 效果检验 137

7.4 水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)法 137

7.4.1 概述 137

7.4.2 作用原理 138

7.4.3 设计计算 138

7.4.4 施工工艺 139

7.4.5 效果检验 140

7.5 工程实例 140

7.5.1 石灰粉煤灰桩加固软弱地基 140

7.5.2 CFG 桩联合碎石桩处理可液化饱和软土地基 143

思考题..... 147

习题..... 147

第八章 化学加固法..... 148

8.1 灌浆法 148

8.1.1 概述 148

8.1.2 灌浆材料 148

8.1.3 灌浆理论 150

8.1.4 灌浆设计 157

8.1.5 灌浆工艺 163

8.2 高压喷射注浆法	167
8.2.1 引言	167
8.2.2 基本原理	168
8.2.3 设计	174
8.2.4 施工	176
8.2.5 效果检验	178
8.3 深层搅拌法	180
8.3.1 引言	180
8.3.2 水泥加固土的加固机理	181
8.3.3 水泥加固土的室内外试验	181
8.3.4 设计计算	184
8.3.5 施工技术	187
8.3.6 加固效果检验	189
8.4 工程实例	190
8.4.1 灌浆工程实例的应用	190
8.4.2 喷射注浆技术工程实例的应用	191
8.4.3 深层搅拌工程实例的应用	193
思考题	196
习题	197
第九章 托换法	198
9.1 概述	198
9.2 基础加宽托换	200
9.2.1 用混凝土套或钢筋混凝土套加大基础底面积	200
9.2.2 改变浅基础形式加大基础底面积	202
9.3 坑式托换	203
9.3.1 坑式托换的施工步骤	203
9.3.2 坑式托换的设计要点	205
9.4 桩式托换	207
9.4.1 坑式静压桩托换	207
9.4.2 锚杆静压桩托换	209
9.4.3 灌注桩托换	215
9.4.4 树根桩托换	216
9.5 灌浆托换	225
9.5.1 引言	225
9.5.2 灌浆托换设计	225
9.5.3 常用的三种灌浆托换法	225
9.5.4 灌浆加固的施工	227
9.5.5 灌浆的质量检验	228

9.6 高压喷射注浆托换	228
9.6.1 引言	228
9.6.2 高压喷射注浆托换的设计	229
9.6.3 高压喷射注浆托换的施工及质量检验	232
9.7 热加固托换	232
9.8 基础减压和加强刚度托换	234
9.9 工程实例	234
9.9.1 陕西省泾阳县冶金建材厂坑式托换加固	234
9.9.2 上海某宾馆增层采用树根桩加固地基	235
思考题	237
第十章 土加筋技术	238
10.1 土工聚合物	239
10.1.1 引言	239
10.1.2 土工聚合物产品类型	239
10.1.3 土工聚合物特性与试验	240
10.1.4 土工聚合物应用在工程上的作用	243
10.1.5 设计计算	246
10.1.6 施工技术	250
10.2 加筋土挡墙	250
10.2.1 引言	250
10.2.2 加固机理	251
10.2.3 设计计算	254
10.2.4 施工技术	262
10.3 土钉	271
10.3.1 引言	271
10.3.2 土钉的类型、特点及适用性	271
10.3.3 土钉与加筋土挡墙、土层锚杆的比较	273
10.3.4 加固机理	274
10.3.5 设计计算	277
10.3.6 施工技术	283
10.3.7 检验和监测	285
10.4 工程实例	285
10.4.1 土工聚合物在工程中的应用	285
10.4.2 土钉技术在工程中的应用	291
思考题	293
习题	293
参考文献	295

第一章 总 论

1.1 地基处理的目的和意义

在土木工程建设中,当遇到浅层土质不良,采用天然地基不能满足结构物基础对地基的要求时,就需要对浅层土质进行处理,形成人工地基,以满足结构物基础对地基的要求,保证结构物的安全和正常使用。

结构物的地基问题,主要有下列四个方面。

(1) 强度与稳定性问题

当地基的抗剪强度较低,不足以支撑上部结构传来的荷载时,地基就会产生局部或整体剪切破坏。它会影响结构物的正常使用,甚至引起开裂或破坏。

(2) 变形问题

当地基在上部结构的荷载作用下产生过大的沉降或不均匀沉降时,就会影响结构物的正常使用;当超过结构物所能容许的不均匀沉降时,结构就可能开裂。沉降量较大,不均匀沉降也随之较大。湿陷性黄土遇水湿陷、膨胀土的遇水膨胀、失水收缩也属于这类问题。

(3) 渗漏与溶蚀问题

渗漏(seepage)是由于地下水在土中运动时出现的问题(地基的渗漏量或水力梯度超过容许值时),会产生水量损失、潜蚀、管涌及流沙等,可能导致结构物发生事故。地基溶蚀也会使地面塌陷,造成事故。

(4) 液化与振沉问题

在动力荷载(地震、机器以及车辆振动、波浪和爆炸等)作用下,会引起饱和粉、细砂及粉土产生液化(liquefaction),它是使土体失去抗剪强度近似液体特性的一种现象,并会造成地基失稳而使结构物大量陷落。强烈地震又会使软弱黏性土产生振沉,造成事故。

因此,当结构物的天然地基存在上述问题之一或其中几个时,就必须对地基进行处理以保证结构物的安全与正常使用。有的可在上部结构上采取一些措施。地基与结构物的关系极为密切。据调查统计,世界各国各种土木、水利、道路及桥梁等类工程事故中,地基问题常是主要原因。

地基问题的处理恰当与否,关系到整个工程的质量、投资和进度。因此,其重要性已越来越被人们所认识。

我国地域辽阔,从沿海到内陆,由山区到平原,分布着多种多样的土,因土的种类不同,其抗剪强度、压缩性及透水性等可能有很大差别,各种地基土中,不少为软弱土和不良土,主要包括:软黏土、杂填土、冲填土、饱和粉细砂、软塑及流塑状态的粉土、湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、多年冻土、泥炭土、岩溶土洞等。另外,山区的土在某种条件下也可能是不良土。近年来,国内新建设工程越来越多地遇到不良地基。因此,地基处理的要求也就越来越迫切和广泛。

另外,除了在上述各种软弱和不良地基上建造结构物时需要考虑地基处理外,当旧房

改造、加高、工厂设备更新等造成荷载增大,对原来地基提出更高的要求,原地基不能满足新的要求时,或者在开挖深基础、建造地下铁道等工程中有土体不稳定、变形或渗漏问题时,也需要进行地基处理。

随着我国四个现代化建设事业的发展,基本建设的规模越来越大,经常遇到要在软弱地层和不良地基上建造工业与民用建筑、铁路工程、道路与桥梁工程及堆场码头等,而且结构物的荷载越来越大,对地基的要求越来越高。于是,越来越多的工程需要对天然地基进行人工处理,采用人工地基以满足结构物对地基的要求。因此,在实际工程中,判断是否需要天然地基进行人工处理,如果需要采用人工地基又将采用什么处理方法已成为日益突出的问题。

各种各样的结构物对地基的要求不同,各地区天然地层的情况也是千差万别的。即使在同一地区,地质情况也可能有很大差别,这就决定了地基处理问题的复杂性。是采用天然地基,还是采用人工地基?采用人工地基时应采用什么地基处理方案?这是建造结构物时首先需要解决的问题。处理是否恰当不仅影响结构物的安全,而且对建设速度,工程造价都有不小的影响。有的甚至成为工程建设中的关键。

在论述地基处理时,必然会牵涉到土的名称和分类。目前国内对地基土的分类尚不统一,其方法很多,不同部门根据其用途和习惯采用各自的分类方法。为一致起见,本教材主要采用《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)中关于土的分类标准。如果采用其他分类标准,将予以说明。

1.2 地基处理方法的分类及各种方法的适用范围

地基处理方法的分类很多。按时间可分为临时处理和永久处理;按处理深度分为浅层处理和深层处理;按土性对象分为砂性土处理和黏性土处理、饱和土处理和非饱和土处理;也可按照地基处理原理进行分类。其中最本质的是根据地基处理原理进行分类,它体现了各种处理方法的主要特点。下面据此作简要介绍,具体的各种处理方法,详见以后的各章。

1.2.1 机械压实法

1. 重锤夯实法

利用起重机,将重锤提升至一定高度后,让锤自由下落时的冲击能来夯实浅层土地基,使其表面形成一层较为均匀的硬壳层。

适用:无黏性土、杂填土、非饱和黏性土及湿陷性黄土。

2. 机械碾压法

利用压路机、推土机、羊足碾、平碾或其他压路机械在土层上来回开动,把土压实;每次压实深度为 30~40 cm,分层铺土,分层碾压。

适用:含水量接近最优含水量的黏性土、松散砂性土、杂填土及湿陷性黄土。

3. 振动压实法

用振动机在地基表面施加振动力以振动松散地基,使土颗粒受振动容易移动至稳固

位置,减小土的孔隙而压实。

适用:松散砂性土、杂填土、含少量黏性土的建筑垃圾、工业废料和炉灰填土。

1.2.2 强夯法

利用起重机,把重型锤(8~40 t)提升至空中,以高落差(8~40 m)让锤自由下落,造成极大的冲击能和冲击波,夯实深层地基。

适用:无黏性土、填土、非饱和黏性土及湿陷性黄土。

1.2.3 换填法

将基底以下一定深度范围内的软弱土层挖除,换填无侵蚀性的低压缩性散体材料(中砂、粗砂、砾石、碎石、卵石、矿渣、灰土及素土等),分层夯实作为基础的持力层。

适用:浅层地基处理。

1.2.4 排水固结法

排水固结法是软黏土地基在荷载作用下,土中孔隙水慢慢排出,孔隙比减小,地基发生固结变形。同时,随着孔隙水压力逐渐消散,土的有效应力逐渐增大,地基土的强度逐渐增长。

排水固结法常用于解决软黏土地基的沉降和不稳定问题,可使地基的沉降在加载预压期间基本完成或大部分完成,使结构物在使用期间不致产生过大的沉降量和沉降差。同时可增加地基土的抗剪强度,从而提高地基土的强度和稳定性。

排水固结法是由排水系统和加压系统两个部分组合而成的。排水系统可在天然地基中设置竖向排水体(如普通砂井、袋装砂井、塑料排水带等),以及利用天然地基本身的透水性。加压系统有堆载法、真空法、降低地下水位法、电渗法以及联合法。

根据排水系统和加压系统的不同,排水固结法可分为下述几种方法。

1. 预压法

在建造结构物之前,通过临时堆填土石等方法对地基进行加载预压,达到预先完成部分或大部分地基沉降,并通过地基土固结提高地基承载力,然后撤除荷载,再建造结构物。

临时的预压荷载一般等于结构物的荷载,但为了减少由于欠固结而产生的沉降,预压荷载也可大于结构物荷载,称为超载预压。

为了加速堆载预压地基固结速度,常与排水法或塑料排水带法等同时使用。如果黏土层较薄,透水性较好,也可单独采用堆载预压法。

适用:软弱黏性土地基。

2. 砂井排水法(包括塑料排水带预压)

根据一维固结理论,黏性土达到一定固结度时所需要的时间与排水距离的平方成正比。因此,减少排水距离是缩短固结时间的最有效方法。在软黏土地基中,设置一系列砂井,在砂井之上铺设砂垫或砂沟,人为地增加土层固结排水通道,缩短排水距离,从而加速软土固结,并加速地基强度的增长,这种方法称为砂井法。

砂井法常辅以堆载预压,称为砂井堆载预压法。

适用:透水性低的软弱黏性土。

不适用:泥炭土等含有机质沉积物。

3. 真空预压

在黏土层上铺设砂垫层,然后用薄膜密封砂垫层,用真空泵对砂垫层抽气,使地下水位降低,同时在大气压力作用下加速地基固结。与堆载预压法相比,真空预压法就是用真空造成的大气压力代替临时堆土荷载,或其一部分。由于真空预压的压力只能达到某一程度,如达不到结构物的荷载时,还可另加荷载。

适用:软弱黏性土地基。

4. 降水预压

降低地下水位虽然不能改变地基中的总应力,但能减少孔隙水压力,使有效应力增长,促进地基固结。达到在建造结构物前完成部分固结沉降和提高地基承载力的目的。

适用:在地下水位接近地面的土层中进行开挖深基坑的工程时,特别是饱和粉、细砂地基,多采用降低地下水位的措施。

1.2.5 振冲法

1. 振冲挤密

振冲挤密法通常用于加固砂层。其原理是:一方面利用振冲器的强力振动使饱和砂层发生液化,颗粒重新排列,孔隙比减少;另一方面依靠振冲器的水平振动力,形成垂直孔洞,在其中加入回填料,使砂层挤压加密。

适用:砂性土,小于 0.005 mm 的黏粒含量小于 10% 的黏性土,若黏粒含量大于 30%,效果明显降低。

2. 振冲置换

利用一种能产生水平向振动的管状机械设备在高压水流下边振边冲,在软弱黏性土地基中成孔,再在孔内分批填入碎石或卵石等材料制成一根根桩体。桩体和原来的黏性土构成所谓复合地基,以提高地基承载力,并减小压缩性。碎石桩的承载力和沉降量在很大程度上取决于周围软土对碎石桩的约束作用。如果周围的土过于软弱,对碎石桩的约束作用就差。

适用:软弱黏性土地基,但对于抗剪强度较低的软黏性土,采用碎石桩时务必慎重从事。

1.2.6 挤密法

1. 土或灰土挤密桩法

土桩和灰土桩挤密地基是由桩间挤密土和填夯的桩体组成的人工“复合地基”。土桩可用于消除湿陷黄土地基的湿陷性,灰土桩可用于提高人工填土地基的承载力。

适用:湿陷性黄土、人工填土及非饱和黏性土。

2. 砂石桩法

在松散砂土和人工填土地基中设置砂桩能对周围土体产生挤密作用,或同时产生振密作用。就可以显著提高地基强度,改善地基的整体稳定性,并减少地基的沉降量。

适用:松散砂土及杂填土地基。

3. 石灰桩法

在软弱地基中用机械成孔,填入作为固化剂的生石灰并加以压实形成桩体,利用生石灰的吸水膨胀放热作用和土与石灰的离子交换反应凝硬反应等作用,改善周围土体的物理力学性质,石灰桩和周围被改良的土体一起组成复合地基,达到地基加固的目的。

适用:软弱黏性土地基。

4. 水泥粉煤灰碎石桩法

水泥粉煤灰碎石桩(cement flyash gravel pile, CFG 桩)法是碎石、石屑、粉煤灰,掺适量水泥加水拌和,用各种成桩机制成的具有可变黏结强度的桩型。通过调整水泥掺量及配合比,可使桩体水泥强度在 C5~C20 之间变化。桩体中的粗骨料为碎石;石屑为中等粒径骨料,可使级配良好;粉煤灰具有细骨料及低标号水泥的作用。

适用:黏性土、淤泥、淤泥质土、粉土、砂性土、杂填土及湿陷性黄土地基。

1.2.7 化学加固法

利用胶结剂、加固料或化学溶液,通过压力灌注或搅拌混合等方式,将土颗粒胶结起来,从而使地基得到加固的方法称为化学加固法。这类方法可用于基础施工以前或施工期间的地基处理,也可在结构物投入使用后作为补强措施。

1. 灌浆法

灌浆法是利用液压、气压或电化学原理,通过注浆管把某些能固化的浆液均匀注入地层中,将原来松散的土体胶结成一个整体,形成强度高、防渗和化学性能好的固体。

灌浆材料常可分为粒状浆材和化学浆材两个系统:①粒状浆材主要包括纯水泥浆、黏土水泥浆、水泥砂浆及石灰浆等;②化学浆材包括环氧树脂类、甲基丙烯酸酯类、聚氨酯类、丙烯酰胺酯类、木质素类和硅酸盐类等。

灌浆法可用于防渗、堵漏、地基加固和结构物纠偏。

灌浆法按其依据的理论可分为四种:渗入性灌浆法、劈裂灌浆法、压密灌浆法和电动化学灌浆法。

适用:砂性土、黏性土和湿陷性黄土地基。

2. 高压喷射注浆法

高压喷射注浆(jet grouting)法,简称为高喷法或旋喷法。它是先利用钻机把带有喷嘴的注浆管钻入土中的预定位置,然后将浆液或水以高压流的形式从喷嘴里射出,冲击破坏土体,高压流切割搅碎的土层,呈颗粒状分散,一部分被浆液和水带出钻孔,另一部分则与

浆液搅拌混合,随着浆液的凝固,组成具有一定强度和抗渗能力的固结体。固结体的形状取决于喷射流的方向。当喷射流以 360° 回转,且喷射流由下而上地提升时,固结体的截面形状为圆形,称为旋喷;当喷射流的方向固定不变时,固结体的形状如板状或壁状,称为定喷。当喷射流在一定的角度范围内来回摆动时,就会形成扇形或楔形,称为摆喷。定喷和摆喷两种方法通常用于建造帷幕状固结体,而旋喷形成的圆柱状固结体,多用作垂直承载桩或加固复合地基。

适用:软土、黏性土、粉土、砂土、湿陷性黄土、人工填土及碎石土等地基。

3. 深层搅拌法

深层搅拌法是用以加固饱和软黏土地基的一种新技术。它是利用水泥、石灰或其他材料作为固化剂的主剂,通过特制的深层搅拌机械,在地基深处就将软土和固化剂(水泥或石灰的浆液或粉体)强制搅拌,利用软土和固化剂之间所产生的一系列物理化学反应,形成坚硬拌和桩体,与原地层共同起复合地基的作用。

适用:超软土、泥炭土、软弱黏性土、粉土、淤泥和淤泥质土等。

1.2.8 托换法

托换法(或称基础托换)是指对原有结构物地基和基础需要进行处理、加固或改建,在原有结构物基础下需要修建地下工程以及邻近建造新工程而影响到原有结构物的安全等问题的技术总称。

托换法一般可分为两个阶段进行:①采取适当而稳妥的方法,支托住原有结构物的全部和部分荷载;②根据工程需要对原有结构物的地基和基础进行加固改建或在原有结构物下,进行其他地下工程的施工。

托换法需要应用各种地基处理技术,有时还要结合上层结构的处理,它并不是一种具体的地基处理方法。

适用:针对结构物及其基础和地基的具体情况,具体分析其可行性。

1.2.9 土的加筋技术

1. 土工聚合物

土工聚合物(或称为土工合成物、土工织物)是以合成纤维、塑料和合成橡胶等聚合物为原料制成的用于岩土工程的新型材料。利用土工聚合物的高强度、韧性等力学性能,扩散土中应力,增大土体的刚度和抗拉强度,改善土体或构成加筋土以及各种土工复合结构。土工聚合物除了上述加固强化作用外,还可用作反滤排水隔离材料。

适用:加强软弱地基,或用作反滤、排水和隔离材料。

2. 加筋土挡墙

加筋土挡墙(reinforced fill wall)是由填土和在填土中布置一定量的带状筋体(或称拉筋)以及直立的墙面板三部分组成一个整体的复合结构。这种结构内部存在着墙面土压力、拉筋的拉力及填土与拉筋间的摩擦力等相互作用的内力互相平衡,保证了这个复合结